

175075

EKOLOGI TUMBUHAN AIR DALAM REKA BENTUK LANSKAP LEMBUT

oleh

CARMEN CHEAH GAIK IM

Tesis yang diserahkan untuk memenuhi keperluan bagi Ijazah Sarjana Sains

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

2010

850636

RE
f QK930
C514
2010

PENGHARGAAN

Saya ingin mendedikasikan tesis ini kepada anak saya yang disayangi Kevin Koo Eu Teong dan Colin Koo Eu Leem., kerana mereka ialah sumber inspirasi dan dorongan kepada saya dari mula penyelidikan sehingga akhir penulisan tesis ini walaupun mengambil masa yang agak panjang.

Ucapan terima kasih juga saya rakamkan kepada penyelia saya, Profesor Mashhor Mansor yang merupakan seorang yang amat sabar dan sangat berilmu dalam bidang kepakaran beliau. Beliau selalu membantu saya pada bila-bila masa untuk melaksanakan kerja penyelidikan ini.

KANDUNGAN

	Muka surat
PENGHARGAAN	ii
KANDUNGAN	iii
SENARAI JADUAL	xi
SENARAI GRAF	xv
SENARAI GAMBAR	xix
SENARAI GAMBARAJAH	xxii
ABSTRAK	xxiv
ABSTRACT	xxvii
BAB SATU : PENGENALAN	1
1.1 Latar Belakang Kajian	3
1.2 Prinsip-prinsip Ekologi dalam Landskap	4
1.2.1 Keperluan Tumbuhan Asas	9
1.2.2 Tumbuhan dalam Komuniti dan Ekosistem	9
1.2.3 Pembangunan Ekosistem	12
1.3 Matlamat dan Objektif Kajian	14
1.4 Hipotesis Kajian	14
1.5 Makna Pelanskanan Akuaik dan Skop Kajian	16
1.6 Pengakuaskapan (“Aquascaping”) dari Aspek Ekologi dan Arlitektur	18

1.7	Metodologi	19
BAB DUA : TINJAUAN BAHAN-BAHAN BACAAN		21
2.1	Reka Bentuk Lanskap : Keperluan Pengguna	21
2.1.1	Pendekatan-pendekatan	22
2.1.2	Cadangan-cadangan	24
2.2	Prinsip-prinsip Ekologi dalam Pelanskan	25
2.2.1	Pengurusan dan Penggunaan Sumber-sumber Botani	27
2.2.2	Pertimbangan Ekologi dalam pelanskan Akuatik	29
2.2.2.1	Kedalaman dan Pergerakan Air	29
2.2.2.2	Kualiti Air dan Sedimen	30
2.2.2.3	Komuniti-komuniti Tumbuhan Akuatik	32
2.3	Pertimbangan Lanskap dalam Pelanskan Akuatik	33
2.4	Pengurusan Sistem Akuatik	34
2.5	Konsep Kajian	38
2.5.1	Aplikasi Konsep Ekologi dalam Kajian	39
2.5.2	Pengenalpastian Biojisim dan Biotenaga Di Kolam Kajian	40
2.5.3	Simulasi Ekologi Persekitaran Akuatik	41
BAB TIGA : BAHAN DAN KAEDAH		44
3.0	Tapak Kajian	44
3.1	Penyediaan Pam Penapis-bio	44
3.2	Penyediaan Kolam	48

3.3	Pemilihan Flora dan Fauna	49
3.4	Analisis Kualiti Air	52
3.4.1	Kerja di Tapak Kajian	53
3.4.1.1	Penentuan Konduktiviti Air	53
3.4.1.2	Penentuan pH Air	54
3.4.1.3	Penentuan Oksigen Terlarut	55
3.4.1.4	Penentuan Suhu	56
3.4.1.5	Penentuan Jumlah Pepejal Terlarut	57
3.4.1.6	Penentuan Keamatan Cahaya di Permukaan Air Kolam	57
3.4.2	Kerja Makmal	58
3.4.2.1	Penentuan Kandungan Ammonium-Nitrogen	58
3.4.2.2	Penentuan Kandungan Fosfat Terlarut	59
3.4.2.3	Penentuan Alkaliniti	61
3.4.2.4	Penentuan Jumlah Keliatan Air	65
3.5	Pertumbuhan Alga di Atas Slaid Kaca	64
3.5.1	Kaedah pertumbuhan	64
3.5.2	Pengiraan dan Pengukuran Alga dengan Menggunakan Perisian Komputer Penganalisa Imej	65
3.6	Percambahan Anak Benih <i>Pistia stratiotes</i> L.	66
3.6.1	Rawatan Air Suling	67
3.6.2	Rawatan Bahan Nutrien Tumbuhan “Galore”	67
3.7	Penyediaan Biojisim	68

3.7.1	Pengukuran Pajang Tumbuhan Akuatik di Kolam	69
3.7.2	Penentuan Panjang-Berat Kering Tumbuhan	69
3.7.3	Pengiraan Bilangan Ikan	70
3.7.4	Penentuan Saiz-Berat Kering Ikan	70
3.8	Penentuan Nilai Kalori Untuk Tumbuhan dan Ikan	71
3.8.1	Penyediaan Sampel-sampel Tumbuhan Akuatik dan Ikan untuk Kalorimeter Bom	71
3.8.2	Penentuan Nilai Kalori	73
3.8.3	Pengiraan Keputusan	74
3.8.3.1	Pembetulan Jangka Suhu	74
3.8.3.2	Pembetulan Penyejukan	74
3.8.3.3	Pembetulan untuk Perolehan Haba daripada Benang Kapas dan Dawai Pembakaran	75
3.8.3.4	Pembetulan untuk Pembentukan Asid	76
3.9	Pembetulan Keamatan Cahaya dalam Bentuk Tenaga Melalui Graf Piawai Keamatan-tenaga	77
BAB EMPAT : KEPUTUSAN		79
4.1	Perkembangan Tapak Kajian	79
4.2	Sistem Pam Penapis-bio	81
4.3	Pemilihan Flora dan Fauna	81
4.3.1	Jenis Tumbhan Akuatik yang Dipilih	81
4.3.2	Jenis Ikan yang Dipilih	82

4.4	Analisis Kualiti Air	84
4.4.1	Penentuan Faktor-faktor Fiziko-kimia Secara Temporal	85
4.4.1.1	Penentuan Fosfat Reaktif Terlarut dan Ammonium-nitrogen	86
4.4.1.2	Penentuan Nilai pH	95
4.4.1.3	Penentuan Gas Oksigen Terlarut	96
4.4.1.4	Penentuan keamatan Cahaya	98
4.4.1.5	Penentuan Suhu	100
4.4.1.6	Penentuan Konduktiviti	100
4.4.1.7	Penentuan Jumlah Pepejal Terlarut	104
4.4.1.8	Penentuan Alkaliniti	104
4.4.1.9	Penentuan Keliatan Air	106
4.4.2	Penentuan Faktor-faktor Fiziko-kimia Antara Saluran Masuk Dengan Saluran Keluar	108
4.4.3	Penentuan Faktor-faktor Fiziko-kimia Dalam Satu Hari (setiap enam jam)	109
4.5	Pertumbuhan Alga di atas Slaid	111
4.6	Percambahan Anak Benih <i>Pistia stratiotes</i>	120
4.6.1	Kajian Percambahan <i>Pistia stratiotes</i>	120
4.7	Penentuan Biojisim	121
4.7.1	Perubahan Jumlah Biojisim Tumbuhan Akuatik	121
4.7.2	Perubahan Bilangan atau Biojisim Ikan	123
4.7.3	Piramid Biojism	127

4.8	Penentuan Nilai Kalori	129
4.8.1	Perubahan Nilai Keamatan Cahaya Seketika Ke Nilai Tenaga Di Kolam A Dalam Masa Satu Hari	130
4.8.2	Penentuan Tenaga Sinaran Matahari Seketika dalam Masa Satu Tahun (Disember 1997 Disember 1998)	131
4.8.3	Nilai Kalori Tumbuhan Akuatik dan Ikan	133
4.8.3.1	Penentuan Nilai Kalori Tumbuhan Akuatik dan ikan	133
4.8.3.2	Penentuan Nilai Kalori Ikan	133
4.8.4	Aliran Tenaga Dalam Sistem Kolam	138
4.9	Pengiraan Ujian-T Kolam A dan Kolam B	139
 BAB LIMA : PERBINCANGAN		 147
5.1	Keadaan di Tapak Kajian, Sebuah Kolam Buatan Manusia dan Mereka Bentuk Suatu Keadaan Biotop di Kolam Kajian.	147
5.2	Cadangan Kegunaan Penapis Lain	152
5.2.1	Cadangan yang Sesuai	153
5.3	Penyediaan Kolam dan Penanaman Flora dan Fauna	153
5.3.1	Tumbuhan Akuatik yang Digunakan	153
5.3.2	Ikan yang Digunakan	157
5.4	Analisis Kualiti Air	162
5.4.1	Ammonium-nitrogen	164
5.4.2	Fosfat Reaktif Terlarut	166
5.4.3	Perbincangan Am Nutrien Ammonium-nitrogen dan Fosfat	

	Reaktif Terlarut	167
5.5	Faktor-faktor Fiziko-kimia Lain	169
5.5.1	Suhu dan pH	169
5.5.2	Oksigen Terlarut	169
5.5.3	Keamatan Cahaya	170
5.5.4	Konduktiviti	172
5.5.5	Jumlah Pepejal Terlarut	173
5.5.6	Alkaliniti	173
5.5.7	Keliatan Air	174
5.6	Pertumbuhan Alga Dalam Kolam	176
5.7	Percambahan Anak Benih <i>Pistia stratiotes</i>	178
5.7.1	Pertumbuhan <i>Pistia stratiotes</i> L	179
5.8	Biojisim dan Biotenaga Tumbuhan Akuatik dan Ikan	182
5.8.1	Biojisim dan Biotenaga tumbuhan Akuatik	182
5.8.2	Biojisim dan Biotenaga Ikan	184
5.9	Aliran Tenaga	185
5.9.1	Aliran Tenaga Dalam Kolam Kajian	187
5.9.2	Piramid Biojisim dan Piramid Biotenaga	190
5.10	Ujian-T	192
5.11	Perbincangan Am	193
	BAB ENAM : KESIMPULAN	195
6.1	Implikasi Terhadap Hiotesis Kajian	196

6.1.1	Aspek Makro	196
6.1.2	Aspek Mikro	197
6.2	Cadangan Am untuk Kegunaan Kolam Buatan Manusia	198
6.3	Kebaikan Kegunaan Model Ekologi untuk Meramalkan Keadaan yang Mungkin Berlaku	199
6.4	Keputusan daripada Ujian-T	200
RUJUKAN		201
LAMPIRAN		213

SENARAI JADUAL

SENARAI JADUAL

		Muka surat
3.1	Jenis-jenis Tumbuhan yang Dipilih	49
3.2	Kriteria-kriteria Pemilihan Tumbuhan Akuatik	50
3.3	Kriteria-kriteria Pemilihan Ikan	52
4.1	Keadaan Pertumbuhan Tumbuh-tumbuhan Akuatik	82
4.2	Perbezaan Kandungan Ammonium-nitrogen, Fosfat Reaktif Terlarut, Alkaliniti dan Keliatan Air	85
4.3	Jadual Korelasi Pearson	103
4.4	Perubahan Faktor-faktor Fiziko-kimia Dalam Satu Hari	111
4.5	Purata Saiz Sel	112
4.6	Jumlah Bilangan Sel Dalam Kolam A dari Minggu Ketiga Hingga Minggu Kelima-belas	113
4.7	Jumlah Bilangan Sel Dalam Kolam B dari Minggu Ketiga Hingga Minggu Kelima-belas	113
4.8	Peratus dan Masa Percambahan Biji Benih <i>Pistia stratiotes</i> di bawah Pelbagai Rawatan	120
4.9	Perubahan Jumlah Berat Kering(mg) Tumbuhan Akuatik Di Kolam A Secara Temporal	122
4.10	Perubahan Bilangan Ikan dari Bulan Januari 1998 Hingga Bulan Disember 1998 bagi Kolam A	125

4.11	Purata Berat Kering Seekor Ikan	127
4.12	Perubahan Nilai Berat Kering Ikan dari Bulan Januari 1998 hingga Bulan Disember 1998 bagi Kolam A	128
4.13	Nilai Tenaga Suria Seketika di Kolam A Dalam Satu Hari	131
4.14	Nilai-nilai Tenaga Sinaran Matahari Berdasarkan Data Keamatan Cahaya Matahari Yang Direkodkan Setiap Bulan Di Kawasan Kolam A	132
4.15	Perubahan Temporal Jumlah Nilai Kalori Tumbuhan Akuatik (Januari 1998 - Disember 1998)	134
4.16	Perubahan Temporal Jumlah Nilai Kalori Ikan (Januari 1998 - Disember 1998)	136
4.17	Jadual Ujian-T Untuk Keadaan Fizikal Bagi Kolam A & Kolam B	140
4.18	Jadual Ujian-T Untuk Keadaan Kimia Bagi Kolam A & Kolam B	142
4.19	Jadual Ujian-T Pertumbuhan Bakteria Dalam Kolam A & Kolam B	146
5.1	Peratus peningkatan atau Penurunan Ikan Guppy	159
L4.1	Perubahan Faltor-faktor Fiziko-kimia Di Tapak Kajian Secara Temporal	215
L4.2	Perbandingan Perubahan Faktor-faktor Fiziko-kimia Di Tapak Kajian Secara Temporal	216
L4.3A	Jumlah Bilangan Sel Dalam Kolam A Dari Minggu Ketiga Hingga Minggu Kelima-belas	217
L4.3B	Jumlah Bilangan Sel Dalam Kolam B Dari Minggu Ketiga Hingga Minggu Kelima-belas	217

L4.4	Perubahan Jumlah Berat Kering Tumbuhan Akuatik Di Kolam A Secara Temporal	218
L4.5	Perubahan Nilai Berat Kering Ikan Dari Bulan Januari 1998 Hingga bulan Desember 1998	219
L4.6	Nilai-nilai Tenaga Sinaran Matahari Berdasarkan Data Keamanan Cahaya Matahari Yang Direkodkan Setiap Bulan Pada Kawasan Kolam A	220
L4.7	Perubahan Temporal Jumlah Nilai Kalori Tumbuhan Akuatik (Januari 1998 hingga Disemnber 1998)	221
L4.8	Perubahan Temporal Jumlah Nilai Kalori Ikan (Januari 1998 hingga Desember 1998)	222
L4.9A	Perubahan Kandungan Nitrat di Kolam A dan B	223
L4.9B	Perubahan Kandungan Fosfat di Kolam A dan Kolam B	223

SENARAI GRAF

SENARAI GRAF

Muka surat

4.1	Perubahan Kandungan Ammonium-nitrogen dan Fosfat Reaktif Terlarut Secara Temporal Di Kolam A	86
4.2	Perubahan Kandungan Ammonium-nitrogen dan Fosfat ⁶ Reaktif Terlarut Secara Temporal Di Kolam B	86
4.3	Purata Kandungan Ammonium-nitrogen dalam Kolam A dan B, Perbezaan Kandungan Nitrat , Aliran Masuk degan Aliran Keluar Dan Kandungan Nitrat Asal	93
4.4	Purata Kandungan Fosfat Dalam A dan B	94
4.5	Perubahan Nilai pH dan Kandungan Oksigen Terlarut Secara Temporal Di Kolam A	96
4.6	Perubahan Nilai pH Dan kandungan Oksigen Terlarut Secara Temporal Di Kolam B	97
4.7	Perubahan Keamatan Cahaya dan Suhu Secara Temporal Di Kolam A	99
4.8	Perubahan Keamatan Cahaya dan Suhu Secara Temporal Di Kolam B	99
4.9	Perubahan Konduktiviti dan Jumlah Pepejal Terlarut Di Kolam A	102
4.10	Perubahan Konduktiviti dan Jumlah Pepejal Terlarut Di Kolam B	102
4.11	Perubahan Nilai Alkaliniti dan Kandungan Keliatan Air Di Kolam A	105
4.12	Perubahan Nilai Alkaliniti dan Kandungan Keliatan Air Di Kolam B	105
4.13	Perbandingan Nilai Ammonium-nitrogen di Saluran Masuk dan Saluran Keluar Di Kolam A	107

4.14	Perbandingan Nilai Fosfat Reaktif Dalam Saluran Masuk dan Saluran Keluar	107
4.15	Perbandingan Antara Nilai Alkaliniti Dari Saluran Masuk dan Saluran Keluar	108
4.16	Perbandingan Nilai Keliatan Air Dari Saluran Masuk dan Saluran Keluar	109
4.17	Perubahan Faktor-faktor Fiziko-kimia dalam Satu Hari Di Kolam A	110
4.18	Perubahan Faktor-faktor Fiziko-kimia dalam Satu Hari Di Kolam B	110
4.19A	Perbandingan Jumlah Bilangan Spesis Sel Di Kolam A dan B Dalam Masa Lima Bela Minggu	114
4.19B	Perbandingan Jumlan Bilangan Sel Di Kolam A dan B Dalam Masa Lima Belas Minggu	115
4.20	Perubahan Berat Kering Tumbuhan Akuatik (Januari – Disember 1998)	123
4.21	Perubahan Bilangan Setiap Jenis Spesis Ikan Di Kolam A Dari Januari 1998 Hingga Disember 1998	126
4.22a	Perbandingan Nilai Berat Kering Berdasarkan Saiz dan Jumlah Berat Kering Ikan <i>L. reticulates</i> Secara Temporal	129
4.22b	Perbandingan Nilai Berat Kering Berdasarkan Saiz dan Jumlah Berat Kering Ikan <i>X. hellerii</i> Secara Temporal	129
4.23	Tenaga Sinaran Suria Seketika Dalam Satu Hari	131
4.24	Tenaga Sinaran Suria Seketika Dalam Satu Tahun	132
4.25	Perubahan Nilai Tenaga Tumbuhan Akuatik	135
4.26	Perubahan Nilai Tenaga <i>L. reticulates</i> Dan <i>X. hellerii</i>	137

5.1	Komposisi Biojisim Setiap Spesies Pada Bulan Desember 1998	185
LA	Graf Korelasi Antara Arus Elektrik dan Keamatan Cahaya	225
LB	Graf Piawai Berat Kering <i>C. caroliniana</i>	226
LC	Graf Piawai Berat Kering <i>Blyxa malayana</i>	227
LD	Graf Piawai Berat Kering <i>X. hellerii</i>	228
LE	Graf Piawai Berat Kering <i>L. reticulates</i>	229

SENARAI GAMBAR

SENARAI GAMBAR

	Muka surat
4.1 Tapak Kajian – sebelum projek bermula	80
4.2 Tapak Kajian – selepas projek bermula	80
4.3 <i>Lebistes reticulatus</i>	82
4.4 <i>Xiphophorus hellerii</i>	83
4.5 <i>Symphysodon discus</i>	83
4.6 Jenis Sel Yang Hidup Dalam Kolam Dalam Masa Lima Belas Minggu	112
4.7A Pertumbuhan Sesaran Alga di Kolam A Dari Minggu Ketiga Hingga Minggu Kelima-belas	117
4.7B Pertumbuhan Sesaran Alga DiKolam B Dari Minggu Ketiga Hingga Minggu Kelima belas	118
4.8 Jadual Hidup Anak Benih <i>Pistia stratiotes</i> L	119
L3.1A Pam Penapis Bio (Bio-filter Pump)	231
L3.1B PamPenapis Bio (Bio-filter Pump)	231
L4.1 Alatan Integrator Solarimeter Kipp dan Zomnen Model CC2	232
L4.2 Meter mikrovolt Model DMM (2mV – kV)	232
L5.1 Sampel tumbuhan akuatik <i>Hydrilla verticillata</i> dari kolam kajian	233
L5.2 Tumbuhan akuatik <i>Hydrilla verticillata</i> di kolam kajian	233
L5.3 Sampel Tumbuhan akuatik <i>Blyxa malaydna</i> dari kolam kajian	234
L5.4 Tumbuhan akuatik <i>Blyxa malayana</i> di kolam kajian	234
L5.5 Tumbuhan akuatik <i>Caboomba caroliniana</i> dari kolam kajian	235

L5.6	Tumbuhan akuatik <i>Nymphoides indica</i> di kolam kajian	235
L5.7	Sampel tumbuhan akuatik <i>Pistia stratiotes</i> yang ditumbah di makmal	236
L5.8	Tumbuhan akuatik <i>Hanguana malayana</i> di kolam kajian	236

SENARAI GAMBARAJAH

SENARAI GAMBARAJAH

		Muka surat
3.1	Pandangan Keratan	45
3.2	Pelan Kolam	46
3.3	Pandangan Perspektif	47
3.4	Aliran Air dalam Kolam	48
4.1	Ungkapan untuk kuantiti tenaga yang disimpan dalam sistem dalam bentuk litar tenaga (Dipetik dari Systems Ecology: An Introduction oleh Odum, H.T., 1983, ms. 30)	95
5.1	Stratifikasi Kolam Cetek	148
5.2	Keratan Rentas Penapis-bio	151
5.3	Kitaran Nitrogen Dalam Air	165
5.4	Nilai Keamatan Cahaya	171
5.5a	Raantai Pertukaran Tenaga	187
5.5b	Nisbah Pertukaran dalam Kesteraan Solar	187
5.6	Aliran Tenaga Dalam Kolam	189

EKOLOGI TUMBUHAN AIR DALAM REKA BENTUK LANSKAP LEMBUT

ABSTRAK

Pelanskanan akuatik merupakan kaedah yang digunakan untuk mereka bentuk atau mereka bentuk semula dan membina atau membina semula sistem akuatik yang ada atau tidak ada di sesuatu kawasan.

Kajian ini cuba memperlihatkan kegunaan sistem akuatik buatan manusia yang dibina di kawasan alam bina (built environment) yang hanya perlu penyelenggaraan yang minimum (seperti pada keadaan semula jadi). Kajian kolam ini berdasarkan hipotesis “Pelanskanan akuatik boleh digunakan untuk mereka bentuk dan membina semula suatu sistem akuatik yang mungkin tidak wujud di kawasan tersebut, kawasan sedemikian dapat mencerminkan sistem semula jadi dan ia boleh direkabentukkan untuk taman air atau boleh digunakan sebagai suatu-sistem penapisan untuk larian air sisa bandar”.

Ekosistem kolam buatan dikaji dengan penanaman tumbuhan akuatik terpilih misalnya *Hydrilla verticillata*, *Cabomba caroliniana* dan *Blyxa malayana*. Sebilangan tumbuhan akuatik lain (*Hanguana malayana*, *Nymphoides indica*, *Pistia stratiotes*, *Trapa biconis*, *Cryptocorne minima* and *Typha angustifolia*) juga ditanam tetapi tidak berjaya kerana spesies-spesies ini didapati tidak sesuai dengan kawasan tersebut sebagai akibat kekurangan cahaya matahari dan nutrien untuk spesies tumbuhan ini. Data menunjukkan bahawa hanya 3 spesies tumbuhan akuatik yang didapati hidup dengan sempurna di kolam buatan ini.

Tiga spesies ikan (*L. reticulatus* and *X. helleri* and *S. discus*) juga dimasukkan ke kolam buatan ini pada masa yang sama. Salah satu spesies (*S. discus*) merupakan spesies yang lebih peka terhadap perubahan persekitarannya dan tidak dapat hidup dengan sempurna di kolam buatan ini. Ketidakupayaan spesies ini untuk hidup dengan sempurna di kolam mungkin diakibatkan oleh kehadiran dua spesies yang lain. Keadaan ini dikenali sebagai pertandingan antara spesies (Odum, 1983; Townsend, Begon, dan Harper, 2008). Selain mengkaji kemampuan kehidupan tumbuhan dan ikan, kajian juga mengkaji kualiti air kolam dari segi fiziko-kimia air setiap bulan selama satu tahun (Disember 1997 hingga Disember 1998).

Parameter-parameter fiziko-kimia yang juga diperhatikan ialah alkaliniti, ammoniun-nitrogen, fosfat reaktif terlarut dan lain-lain lagi. Penyukatan parameter-parameter fiziko-kimia dilakukan dengan menggunakan kaedah-kaedah kimia tertentu. Parameter tersebut diperhatikan dan data terkumpul dianalisis dengan menggunakan kaedah kimia yang sesuai. Nilai pH juga direkodkan. Data yang direkodkan menunjukkan bahawa perubahan lampau pada pH tidak berlaku. Nilai pH tertinggi dan terendah yang direkodkan ialah $\text{pH } 8.58 \pm 0.45$ dan $\text{pH } 6.48 \pm 0.15$.

Data kajian dan pemerhatian biojisim serta aliran tenaga dalam tumbuhan dan ikan di kolam juga dilakukan dengan mengukur peningkatan berat biojisim setiap spesies dan keamatan cahaya di kolam dalam unit Lux. Walaupun data yang direkodkan menunjukkan bahawa biojisim ikan adalah lebih tinggi daripada biojisim tumbuhan, aliran tenaga daripada tumbuhan didapati lebih tinggi berbanding ikan. Maka, suatu Piramid Biojisim terbalik dan Piramid Tenaga biasa didapati.

Data yang direkodkan daripada percambahan anak benih *Pistia stratiotes* di makmal menunjukkan bahawa kaedah yang digunakan adalah memuaskan tetapi pertumbuhan *Pistia stratiotes* di kolam buatan tidak begitu memuaskan kerana semua tumbuhan ini mati selepas beberapa jangka masa yang singkat. Keadaan yang berbeza antara percambahan tumbuhan akuatik ini di makmal dengan pertumbuhannya di kolam tersebut adalah dari segi kandungan keamatan cahaya yang dikenakan. Di makmal keamatan cahaya yang diberikan adalah tinggi and secara terus-menerus manakala keamatan cahaya di kolam buatan adalah rendah dan tidak secara terus-menerus. Data yang direkodkan menunjukkan bahawa tumbuhan akuatik ini memerlukan keamatan cahaya dan kandungan nutrien yang tinggi. Bilangan alga dan bilangan jenis alga juga direkodkan dari kolam buatan. Data yang didapati menunjukkan bahawa sesaran berlaku di kolam walaupun berlaku dalam masa pemerhatian yang singkat iaitu 15 minggu.

Kajian ini menunjukkan bahawa kawasan alam binaan memerlukan sistem begini supaya kawasan yang telah dimusnahkan oleh manusia demi pembangunan dapat dibina semula. Walaupun sistem buatan manusia ini tidak dapat mengambil alih sistem semula jadi ia masih boleh berfungsi untuk menghalang sebarang pemusnahan alam semulajadi pada masa kelak.

WATERPLANT ECOLOGY IN SOFT LANDSCAPE DESIGN

ABSTRACT

Aquatic landscaping is a method used to design or redesign, and create or recreate an aquatic system that may or may not pre-exist in an area

This study attempts to highlight the usefulness of a man-made aquatic system, that can be built and maintained in a built environment, just as it can exist in the natural environment as shown in the hypothesis "Aquatic landscaping can be used to design and create an aquatic system that may not pre-exist in an area and such areas can reflect the natural system". Such systems can be designed and used in a water garden or it can also be used as a filtration system for urban run-offs.

The ecosystem of the man-made pond was observed by planting selected easily available aquatic plants like *Hydrilla verticillata*, *Cabomba caroliniana* and *Blyxa malayana*. A few other aquatic plants (*Hanguana malayana*, *Nymphoides indica*, *Pistia stratiotes*, *Trapa biconis*, *Cryptocorne minima* and *Typha angustifolia*) were also planted but did not survive because there was not enough of sunlight and nutrient for these species. The result showed that only 3 species of the aquatic plants survived and thrived satisfactorily in this man-made pond.

Almost at the same time three species of fishes (*L. reticulates*, *X. helleri* and *S. discus*) were introduced into this pond. one of the spesies (*S. discus*) was more sensitive comaparatively and it could not survive and thrive in this environment. Its inability to

survive and thrive in this environment could also be due to the incompatible presence of the other two species that is *L. reticulatus* and *X. helleri* and this shows what is known as interspecies competition. (Odum, 1983; Townsend, Begon, and Harper, 2008).

Besides studying the survival of the plants and the fishes, water quality of the pond water was monitored every month for one year (December 1997 till December 1998). The physico-chemical parameters under observation were alkalinity, ammonium-nitrogen, soluble reactive phosphate and others. These parameters were monitored and analysed using suitable chemical methods. The pH values of the water in the pond were collected and recorded. Data collected showed that there were no extreme fluctuations in the pH values and the highest and lowest recorded values were $\text{pH } 8.58 \pm 0.45$ and $\text{pH } 6.48 \pm 0.15$, respectively.

Monitoring and observing the biomass and energy flow of the plants and fish in the pond were also carried out by measuring the weight increase (kg) of the species present and the light intensities in the pond area in Lux. Prior to determining the energy flow, the number of species and number of individual species were recorded on a monthly basis. Although the recorded data showed that even though the biomass of the fish was higher than that of the plants, it was found that the energy flow from the plants were higher compared to the fishes. Therefore an inverted Pyramid of Biomass was obtained compared to the normal upright Pyramid of Energy.

Data recorded from the propagation of *Pistia* seedlings that was carried out in the laboratory using simulated situation showed that the method used was satisfactory. But

the growth of *Pistia stratiotes* in the man made pond was not as satisfactory because all of the samples planted died after a short period of time. The different condition that exist in both the two situations is in the intensitiy of light that was given to it whereby the intensity at the simulated condition or the laboratory was rather high and continuous compared to the intensity at the pond that was periodically low and not continuous. Thus the results showed that this aquatic plant needs high light intensity and nutrient level.

The number of algae and types of algae present were recorded in this pond. The results showed that succession in the pond occurred in the short period of observation time that is 15 weeks.

This study shows that the built environment needs to have such a system so that areas that have been destroyed by man in the chase of development can be rebuilt again. Although such a man made thing cannot be the exact replica as the natural one, it can still be a very useful and functional system in order to prevent or avoid any further destruction of nature which in due time can aggravate further any future destruction of the aquatic system.

BAB SATU : PENGENALAN

Dewasa ini, ekosistem-ekosistem air tawar di dunia terutamanya di Asia, diancam manusia dan pembangunan. Keadaan ini mengakibatkan degradasi persekitaran semula jadi di seluruh kawasan ini (Dudgeon, 1992; Dudgeon, 2000). Pemuliharaan kepelbagaian air tawar merupakan suatu langkah yang akan menemui pelbagai halangan kerana kekurangan kesedaran terhadap kepentingannya. Beliau juga mengatakan bahawa faktor-faktor yang mengancam persekitaran di kawasan ini merupakan faktor pencemaran air, penangkapan ikan dan kura-kura dengan berlebihan, pengawalan aliran dan perubahan arah aliran sungai serta degradasi saliran air dan perubahan iklim. Kebanyakan sungai telah diubahkan sebagai akibat aktiviti manusia. Oleh yang demikian pakar-pakar sains terutamanya ahli-ahli Limnologi dan pengurus-pengurus sumber air perlu mengubahkan konsep orang-orang awam ke arah pemuliharaan air tawar di Asia (Dudgeon, 1992; Dungeon, 2000).

Hellawell (1986) menyatakan bahawa perubahan adalah ciri intrinsik sesebuah ekosistem. Perubahan ini berlaku mau pun dalam ekosistem-ekosistem semulajadi atau ekosistem-ekosistem buatan manusia. Untuk pemuliharaan yang berkesan, kadar-kadar dan arah-arrah perubahan yang boleh diterima perlu ditentukan. Langkah perubahan pertama ialah membangunkan kaedah-kaedah untuk mengesan, mengukur dan menilai kesignifikanan perubahan ekologi. Untuk mengkaji perubahan ekologi dalam satu sistem akuatik buatan manusia, kriteria untuk memilih parameter-parameter tertentu serta teknik-teknik pemerhatian dikenalpastikan terlebih dahulu (Hellawell, 1986).

Parameter-parameter yang dipilih untuk kajian ini ialah parameter-parameter fizikokimia, pertumbuhan pelbagai algae, keupayaan tiga jenis ikan untuk hidup, jumlah biojisim flora dan fauna serta jumlah tenaga yang didapati daripada biojisim organisma-organisma tersebut.

Tumbuhan akuatik merupakan satu ciri penting dalam kebanyakan tasik, kolam, sungai dan terusan. Ciri-ciri istimewa tumbuhan akuatik perlu dikenal pasti untuk reka bentuk dan pengurusan lanskap (Bradshaw *et al.*, 1983; Eaton, 1986). Sehubungan itu dinyatakan bahawa objektif-objektif reka bentuk jelas mempertimbangkan kesesuaian dan kestabilan komuniti-komuniti tumbuhan untuk fungsi-fungsi tertentu dan juga menampung kegunaan hidrolik dan ameniti lain bagi jasad air dan beliau juga menekankan dan menitikberatkan kedominan pengaruh air di landskap didalam bukunya 'Observations on Modern Gardening'.

Jikalau air wujud secara semula jadi di sesuatu kawasan yang perlu dibangunkan; pereka bentuk sepatutnya, lebih peka terhadap potensinya. Air merupakan suatu tarikan bagi manusia kerana manusia suka mendampinginya, mendengar bunyinya, menyaksikan riak serta air terjun. Aktiviti memancing, berenang dan belayar juga dilakukan. Air merupakan suatu rekreasi yang paling digemari dan ia juga boleh memperkaya keindahan kawasan tersebut.

Kedominan air telah diakui oleh pereka bentuk lanskap mengenai air semula jadi dan kegunaannya dalam persekitaran binaan (Jellicoe dan Jellicoe, 1971; Hackett, 1976,). Air serta faktor-faktor biotik dan abiotik merupakan sesuatu yang penting dalam aspek pembangunan dan reka bentuk landskap alam bina manusia. Dari aspek ini

rawatan air terutamanya di kawasan-kawasan yang sedang membangun serta kawasan-kawasan yang sudah membangun merupakan hal yang amat penting (Ryszkowski, 2002).

Teknologi-teknologi mekanikal telah diambil alih oleh teknologi-teknologi berdasarkan ilmu persekitaran yang menggunakan tenaga solar dan organisma hidup untuk merawat air buangan di bandar, di samping “menghiasi” keadaan visual (Ryszkowski, 2002). Teknologi ini memainkan peranan yang penting dan berkesan biarpun iklim sejuk atau panas. Teknologi ini dikenali sebagai Teknologi CTW (Constructed Treatment Wetland). Dewasa ini, teknologi CTW digunakan untuk membuang sejumlah bahan-bahan pencemar daripada pelbagai sumber air termasuk air sisa di merata-rata tempat di dunia (Kadlec and Knight, 2004)

1.1 Latar belakang Kajian

Seperti yang dinyatakan oleh Dungeon (2000), persekitaran kita terutamanya di Asia, semakin merosot setiap hari dalam penguasaan manusia terhadap pembangunan dan ekosistem kita telah tergugat. Walaupun adanya pembangunan, lanskap bandar juga berada dalam keadaan yang tidak memuaskan (Clouston, 1986) kerana taman-taman di kawasan bandar berada dalam kemerosotan. Maka mengikut beliau, prinsip ekologi perlu digunakan untuk memberikan jaminan kesesuaian sesuatu reka bentuk landskap.

Selain landskap bandar yang telah berada dalam keadaan krisis, beberapa kawasan luar dari kawasan bandar di dunia (termasuk Malaysia juga) telah kehilangan sumber-sumber air bersih, mempunyai kualiti air yang didegradasikan, pencemaran sumber-sumber air permukaan dan air bawah

tanah (Abdullah & Jusoh 1997). Abdullah & Jusoh (1997) juga mengutarakan bahawa surat khabar Malaysia melaporkan penemuan kajian berterusan terhadap mutu kualiti air Sungai Melaka menjadi lebih tercemar. Perbandaran dan perindustrian sesebuah negara biasanya mengakibatkan discas-discas kumbahan, keladak dan sisa-sisa industri dialirkan ke aliran air semulajadi.

Dari segi sejarah, tasik, kolam dan sungai merupakan kawasan buangan sisa-sisa manusia, haiwan dan residu-residu penghasilan industri yang murah dan senang. Maka, perlulah diambil langkah-langkah untuk mengatasi masalah yang telah diwujudkan oleh manusia demi pembangunan. Apabila menyedari ancaman pembangunan terhadap kualiti persekitaran terutamanya ekosistem khususnya ekosistem akuatik, dari sudut ekologi, flora, fauna dan kualiti air, kita semua perlulah menyumbang atau mengatur langkah dalam merancang suatu pembangunan reka bentuk bandar negara kita. Namun demikian, peruntukan telah diluluskan oleh Majlis Perbandaran masing-masing di Malaysia untuk memulihkan semula persekitaran yang tercemar atau mengelakan pencemaran yang semakin teruk.

1.2 Prinsip-prinsip Ekologi dalam Lanskap.

Hedgpeth (1969) menyatakan definisi ekologi yang diutarakan oleh Duhl, L. J.; seorang ahli psikologi iaitu: “ ‘Ekologi’ boleh didefinisikan konfrontasi ‘inter-intra’ biologi, psikologi, sosial dan faktor-faktor sejarah yang merangkumi sesebuah keluarga, sekolah, jiran tetangga, dan komuniti-komuniti yang mengajar nilai-nilai, pertahanan dan kesalahan, makna dan kewujudan diri.” tetapi beliau mengatakan bahawa definisi ini hanya melalui kaca mata seorang ahli psikologi dan bukan definisi yang sebenar. Ekologi

merupakan suatu konsep dan mempunyai banyak cabang dan ekosistem merupakan salah satunya (Clark, 2010). Pickett dan Cadenasso (2002), dua orang ahli ekologi menyatakan bahawa ekosistem merupakan suatu konsep yang kompleks dan analisis mereka berkenaan dengan konsep ekosistem menunjukkan bahawa konsep ekosistem adalah sesuai sebagai satu paradigma untuk mempermudah kekompleksan konsep ekologi lain.

Konsep ekosistem boleh digunakan dalam tiga cara kegunaan atau tiga dimensi yang berbeza tetapi berkaitan atau berhubungan antara satu sama lain. Setiap kegunaan boleh dianggap sebagai dimensi berasingan dalam konsep kompleks ini.

Tiga dimensi ini merujuk:

- a) makna/maksud - merupakan takrifan teknikal yang digunakan dalam pelbagai situasi tetapi sebelum “maknanya” dapat digunakan dalam suatu situasi, satu domain, pelbagai ciri perlu dinyatakan terlebih dahulu (Jax, 1998).
- b) model - merangkumi spesifikasi yang diperlukan untuk menentukan pelbagai situasi asal atau hipotetikal
- c) metafora. - merupakan perbincangan saintifik tak formal atau perbincangan biasa serta dialog awam (Golley, 1993).

Ketiga-tiga dimensi ini berbeza dan kebanyakan kajian ekologi menggunakan konsep ini tanpa mengetahui dengan jelas kegunaan setiap dimensi pada masa

yang tertentu.

Takrifan asas bagi “Ekosistem” dikemukakan pada kali pertama oleh Tansley (1935) dan takrifan beliau masih digunakan dalam pelbagai dokumen ekologi (Real dan Brown, 1991). Allen dan Hoekstra (1992) menyatakan bahawa satu ekosistem tidak bergantung pada skala kecuali organisma, persekitaran fizikal dan interaksi dapat wujud dalamnya. Bagaimanapun, semua ekosistem perlu mempunyai ruang yang nyata iaitu mempunyai satu had yang spesifik (Likens, 1992; Odum, 1993). Konsep ekosistem juga menyatakan bahawa sistem tidak selalu berada dalam keadaan keseimbangan dan komposisi serta tenaganya selalu berubah (Holling, 1973). Odum (1989) memberitahukan bahawa ekosistem mungkin autotrofik atau heterotrofik dan mungkin mudah mengandungi beberapa mikrob serta detritus yang diimportkan atau ekosistem mungkin seketika sahaja. Pada 1971, Odum memberitahukan bahawa bumi merangkumi ekosistem yang kompleks dan berterusan. Ekosistem mungkin juga mengandungi manusia dan artifaknya (Tansley, 1935) dan beliau menegaskan bahawa ahli-ahli ekologi perlu mengkaji ekosistem yang merangkumi manusia dan struktur-struktur serta proses-proses yang diakibatkan oleh manusia (Odum dan Odum, 1976; Odum, 1977; Constanza *et al*, 1993; Christensen *et al*, 1996; Grimm *et al*, 2000). Kegunaan ekosistem sebagai idea teras mempelawa pelbagai pendekatan daripada pelbagai biologi, melalui evolusi ke proses-proses nutrisi dan tenaga, daripada keadaan seketika kepada keadaan bersejarah dan daripada keadaan mikrob kepada biosferik (Jones dan Lawton, 1995).

Untuk memastikan bahawa definisi ini digunakan secara berkesan, dimensi

kedua perlu dititiberatkan iaitu dimensi Model. Oleh sebab takrifan ekosistem yang berasaskan konsep neutral dari segi skala dan konstrain, model diperlukan untuk menterjemahkan definisi ini dan ianya menjadi suatu peralatan yang boleh digunakan (Pickett *et al*, 1994) dan pilihan model adalah berdasarkan maklumat yang didapati dan wawasan yang ditujui. Model-model ekosistem merangkumi perspektif yang luas dan kepelbagaiannya menggambarkan kelebaran paradigma ekologi (Pickett *et al*, 1994).

Konsep ekologi dan ekosistem sangatlah penting dalam banyak bidang dan didapati bahawa subjek ini wujud dalam pintasan biologi organisma dan pelbagai sains fizikal (Hagen, 1992; Golley, 1993); menjulat daripada genetik populasi, evolusi dan ekologi fisiologikal pada satu hujung melalui ekologi landskap dan biogeokimia pada hujung yang satu lagi (Likens, 1992). Perhubungan antara Ekologi dan Ekosistem dengan Sains Kemanusiaan telah dikaji dengan rapi oleh ahli-ahli ekologi (Golley, 1993; Odum, 1871) dan didapati bahawa perhubungan ini wujud dengan mendalam (Park, 1936; Odum, 1971; Odum, 1977). Ini membuktikan bahawa konsep ekologi dan ekosistem adalah penting dalam bidang Sains Kemanusiaan in serta juga bidang-bidang lain biar pun bidang sains atau bukan sains (Pickett dan Cadenasso, 2002) dan model-model ekosistem diperlu di semua bidang sementara mengadakan keperluan struktur asas di mana ekosistem merangkumi satu kompleks biotik, satu kompleks abiotik interaksi antara dua kompleks ini dan satu ruang fizikal. Tujuan menggunakan model-model adalah untuk menjelaskan peranan semua jenis kepelbagaian biologi dalam fungsi ekosistem (Schulze dan Mooney, 1993; Perrings *et al*, 1994; Hooper dan Vitousek, 1998).

Pihak awam menggunakan “ekosistem” sebagai satu pletora atribut alam semula jadi yang dihargai atau tidak disukai (Cronon, 1995). Nilai-nilai persekitaran boleh dihubungkan secara metafora dengan perkataan “ekosistem” kerana perhubungan semua nilai persekitaran and alam semula jadi ialah salah satu atribut dan perhubungan ini bergantung pada perspektif sendiri. Maka, idea ini boleh mengungkapkan pertalian nilai manusia dengan alam semula jadi atau pendekatan manusia secara berhati-hati terhadap sumber-sumber alam. Nilai-nilai proses ekosistem boleh digunakan dengan baik, melalui pengajaran kepada manusia supaya manusia dapat mengetahui kemewahan dan kekuatan dalam perhubungan nilai-nilai ini.

Bidang reka bentuk yang merupakan salah satu bidang Sains Kemanusiaan atau bidang Sains Gunaan perlu berdasarkan konsep ekologi atau ekosistem dan mesti mengenal pasti semua proses asas serta perhubungan nilai-nilai alam. Kalau tidak, pertumbuhan yang kurang baik atau kegagalan pertumbuhan akan berlaku (Bradshaw *et al*, 1983) dan persekitaran akan dimusnahkan. Semua proses asas ini perlu diambil kira semasa mereka bentuk lanskap, sama ada *laissez-faire*, pembinaan positif, manipulasi pembangunan atau pemuliharaan. Beliau juga mengutarakan bahawa apa-apa yang hidup dalam semula jadi adalah paling sesuai dengan persekitarannya. Jika reka bentuk landskap dimodelkan atas sistem-sistem semula jadi dan proses-proses semula jadi digunakan untuk mencapai hasrat akhir, satu sistem yang mampan dapat dihasilkan. Objektif utama kajian ialah mengkaji prinsip-prinsip ekologi dan menggunakan hasil kajian dalam konteks landskap. Ekologi moden bukan suatu penipuan reka bentuk; tetapi satu pengenalanpastian bagaimananya

tumbuhan bertumbuh dan boleh digalakkan untuk bertumbuh (Bradshaw, 1986). Namun, ia merupakan pembantu reka bentuk tetapi bukan reka bentuknya sendiri.

Prinsip-prinsip ekologi akuatik merangkumi :

- 1) Keperluan asas tumbuhan
- 2) Tumbuhan dalam komuniti dan ekosistem
- 3) Pembangunan ekosistem
- 4) Kepelbagaian persekitaran.

1.2.1 Keperluan Tumbuhan Asas

Keperluan tumbuhan untuk pertumbuhan sempurna adalah ringkas iaitu: a) karbon dioksida, b) cahaya, c) air dan d) nutrien-nutrien. Pada asasnya, keperluan faktor-faktor tersebut berbeza-beza bergantung pada jenis tumbuhan yang terlibat; spesies berlainan mempunyai tahap kompensasi berlainan misalnya, spesies kanopi berupaya tumbuh dengan sempurna pada keamatan cahaya yang sangat rendah tetapi tumbuhan tersebut hanya boleh mencapai keupayaan ini selepas suatu jangka masa pengubahsuaian, pada masa mana membentuk daun-daun dengan struktur khusus yang diubahsuai untuk keadaan keamatan cahaya rendah - hal ini perlu dititiberatkan oleh arkitek-arkitek lanskap yang mereka bentuk lanskap dalaman.

1.2.2 Tumbuhan dalam Komuniti dan Ekosistem

Tumbuhan jarang tumbuh berasingan. Tempat yang berlaku sebegitu

adalah di kawasan tanaman atau skima-skima landskap akuatik tempat tumbuhan lain dibunuh. Walaupun halnya demikian, tumbuhan juga tumbuh dengan tumbuhan lain atau individu lain tetapi spesies sama. Namun, ciri penting kehidupan tumbuhan ialah interaksi antara individu dan spesies ialah interaksi antara individu (intraspecies) dan interaksi antara spesies (interspecies). Keadaan in juga berlaku dalam kes tumbuhan akuatik seperti dalam kajian di mana tumbuhan *Nymphoides indica* yang tidak dapat hidup di kolam kajian dan tumbuhan *C. caroliniana* yang hidup dengan kurang sempurna. Keadaan sebegini merupakan interaksi antara spesies. Kedua-dua spesies ini perlu bersaing dengan *H. verticillata* yang merupakan tumbuhan akuatik yang lebih sempurna (Langeland, 1996).

Tumbuhan bukan hanya tumbuh dalam kumpulan-kumpulan atau komuniti-komuniti; malah juga tumbuh di tempat-tempat khusus, dan dipengaruhi oleh faktor-faktor persekitaran fizikal dan organisma-organisma lain. Perhubungan ini bukannya senang kerana kedua-dua pihak akan saling mempengaruhi (Bradshaw *et al*, 1983). Maka, tumbuhan perlu dikenal pasti sebagai sebahagian suatu ekosistem komponen-komponen berinteraksi (Tansley, 1935; Real dan Brown, 1991).

Perubahan salah satu komponen akan mengakibatkan perubahan ekosistem pada keseluruhannya (Bradshaw *et al*, 1983), tetapi dalam suatu ekosistem bukan sahaja interaksi antara faktor fizikal berlaku, malah, berlakunya juga perhubungan fizikal antara komponen yang akan

wujud daripada pergerakan bahan-bahan seperti nitrogen antara mereka. Peralihan dan aliran bahan dari satu komponen ke komponen lain merupakan jumlah fluks dalam ekosistem dan bergantung pada keseimbangan antara jumlah aliran bahan masuk dengan jumlah aliran bahan keluar. Namun, sesebuah ekosistem akan terganggu jika aliran bahan-bahan masuk dikurangkan atau ditingkatkan. Semua bahan dalam sesebuah ekosistem perlu datang dari sumbernya. Namun, faktor penting ialah perubahan-perubahan yang berlaku terhadap ekosistem diakibatkan oleh manusia.

Maka dengan pemerhatian aliran kandungan nutrien masuk, keluar dan dalam kolam kajian, kadar pertumbuhan atau biojisim tumbuhan serta ikan, keamatan cahaya dan bilangan alga yang tumbuh dalam kolam ini dapat memastikan sama ada keadaan ekosistem kolam berada dalam terganggu atau tidak. Jadi, kajian yang dijalankan terhadap kolam kajian ini sangat berguna untuk kegunaan penyelenggaraan suatu kolam buatan manusia. Berbanding konsep ini dengan kawasan di kolam kajian. Sumber-sumber utama kolam kajian ialah aliran air dari tangki simpanan dan hujan. Apabila air dari tangki simpanan air mengandungi lebih kandungan nutrien, kandungan nutrien air di dalam kolam kajian juga turut meningkat, tetapi, oleh sebab kehadiran organisma-organisma akuatik seperti tumbuhan akuatik, ikan dan juga kehadiran pertumbuhan sekumpulan alga, kandungan nutrien-nutrien tersebut masih stabil kerana berlakunya suatu kitaran nutrien antara faktor di dalam kolam kajian tersebut melalui proses resapan, asimilasi

dan sebagainya. Jadi jumlah pergerakan bahan-bahan ini merupakan jumlah fluks dalam ekosistem kolam kajian tersebut.

1.2.3 Pembangunan Ekosistem

Dimensi ketiga ekosistem ialah Metafor yang merupakan dimensi yang digunakan secara tak formal atau hanya digunakan secara simbolik sahaja. Bila ekosistem dirujuk dari dimensi ini, ia mewakili satu atau lebih konsep (Golley, 1993; Ulanowicz, 1997). Metafor-metafor struktur ekosistem mengambil kira ekosistem sebagai mesin, ekosistem sebagai organisma, dan ekosistem sebagai algorithm. Metafor-metafor tabiat termasuk ekosistem-ekosistem sebagai struktur-struktur bingkis atau ekosistem-ekosistem sebagai struktur-struktur yang rapuh (Cronon, 1995).

Konsep metafor dapat digunakan dalam dua situasi – saintifik dan sosial. Dari segi sains, metafor memainkan peranan generatif atau kreatif (Pickett, 1999) – suatu proses dalam penyiasatan khususnya pada pembangunan awal ekosistem misalnya perubahan-perubahan sesaran vegetasi menunjukkan persamaan dengan pembangunan organisma apabila dikodkan secara teori (Clements, 1916). Sesaran boleh menlanjut dalam pelbagai cara dan diakibatkan oleh pelbagai sebab (Glen-Lewin dan van der Maarel, 1992). Terdapat dua jenis kegunaan metafor – rujukan kepada tempat dan rujukan kepada penentuan asal [attribute] (Pickett, 2002). Takrifan teknikal Tansley (1935) juga menyatakan bahawa ekosistem selalu digunakan sebagai perwakilan metaforikal dan komponen utama ialah tempat(Golley, 1993)-misalnya

ekosistem paya.

Dalam sesebuah ekosistem, semuanya tidaklah statik: tumbuhan dan haiwan-haiwan hidup dan mati; mereka akan diambialih oleh spesies-spesies lain; tumbuhan akan mempengaruhi iklim dan keadaan tanah serta menghasilkan bahan-bahan organik melalui fotosintesis dan mengumpulkan nutrien-nutrien dengan menyerap nutrien-nutrien dari tanah dan mengikatkan nitrogen dari udara. Semua bahan ini akhirnya akan berada di lapisan permukaan tanah; sebilangannya akan reput dan yang lain akan dicampur semula ke dalam tanah melalui aktiviti-aktiviti haiwan. Amnya, bilangan spesies dan jumlah biojisim meningkat dengan beredarnya masa.

Pertamanya, bahan-bahan mentah dari mana tanah diperbuat tidaklah subur dan produktif (Bradshaw *et al*, 1983). Bahan-bahan ini hanya menjadi subur sebagai akibat proses-proses biologi dan peluluhawaan tetapi mengambil masa yang panjang. Kesuburan bahan-bahan tanah mentah akan ditingkatkan dengan cepat jika adanya tumbuhan (Bradshaw *et al*, 1983; Roberts and Roberts, 1983).

Keduanya, semua ekosistem akan membentuk sehingga sampai klimaks kecuali berlakunya faktor kawalan. Ekosistem stabil mempunyai faktor kawalannya. Tanpa faktor ini, ekosistem ini tidak akan mengekalkan ciri-cirinya atau spesiesnya (Duffey *et al* 1974).

Maka proses semulajadi untuk pembangunan ekosistem adalah sangat

bernilai dan mustahak untuk reka bentuk landskap tetapi mengakibatkan masalah pengurusan (Bradshaw, 1983).

1.3 Matlamat & Objektif Kajian

Kajian ini bertujuan menunjukkan implikasi projek landskap akuatik dapat dilaksanakan bersama-sama projek pembangunan kepada pembangunan setempat dan persekitarannya berdasarkan isu-isu yang diperlihatkan dalam pelaksanaan projek itu sendiri serta secara menyeluruh.

Objektif-objektif kajian ini melibatkan 1) Tinjauan dan kajian terhadap aspek biologi organisma-organisma akuatik tempatan untuk memperlihatkan sejauh mana Projek Landskap Akuatik dapat disesuaikan dengan keadaan tempatan, 2) Tinjauan dan kajian ke atas aspek ekologi dan fizikokimia sistem akuatik dan maklumat yang diperoleh dapat digunakan untuk projek-projek sedemikian, 3) Tinjauan dan kajian pembentukan biojisim organisma-organisma serta aliran tenaga dalam sesebuah kolam buatan manusia.

Maklumat-maklumat sedemikian sangat berguna untuk reka bentuk, penubuhan dan pengurusan suatu sistem akuatik buatan manusia.

1.4 Hipotesis Kajian

Pelandskapan Akuatik boleh digunakan untuk merekabentuk dan menubuhkan suatu sistem akuatik yang tidak wujud pada kawasan tersebut dan kawasan-kawasan begini boleh mencerminkan sistem-sistem semula jadi atau boleh direka bentuk sebagai suatu perhiasan seni untuk taman air serta boleh digunakan sebagai suatu kawasan kawalan.

Sepertimana yang diperlihatkan oleh bandaraya-bandaraya di merata dunia yang berkembang pesat dan maju, bandaraya-bandaraya di Malaysia juga menghadapi masalah kekurangan kawasan dengan sistem aliran serta penapisan aliran sisa bandar yang sempurna. Keadaan begini mengakibatkan banjir kilat di bandar, kawasan perumahan dan kawasan pembangunan; kebersihan air sungai tercemar dan kehilangan kawasan tadahan serta sistem-sistem akuatik dan payah.

Apabila kita menyedari hakikat tersebut, langkah-langkah untuk membangunkan semula kawasan-kawasan akuatik semula jadi yang telah merosot dan berkurangan perlu dikajikan dengan terperinci. Telah terbukti bahawa di pertengahan alam bina dewasa ini, kita masih dapat hidup dalam keadaan yang lebih mampan jika dan hanya jika kawasan-kawasan perumahan atau pembangunan menyediakan suatu kawasan atau terusan air yang bertindak sebagai peranti penapisan. Kawasan akuatik ini perlu mengandungi tumbuhan akuatik seperti *Nymphoides spp.*, *Typha spp.*, *Eichorhnia crassipes*, *Pistia stratiotes*, alga dan lain-lain lagi. Keadaan begini telah dipraktikkan oleh Sri Hartamas Sdn., sebuah syarikat hakmilik; di sebuah rumah di Taman Bukit Utama, Bukit Antarabangsa, Selangor. Rumah ini dikenali sebagai “Pusat Hidupan Lestari” (Sustainable Living Centre).

Kolam buatan manusia juga dibina di kilang Fair Child, Kuala Lumpur. Kolam ini terletak di kawasan yang pada satu masanya ialah kawasan buangan sisa-sisa kimia kilang tersebut. Sekarang kolam ini berfungsi sebagai suatu sistem akuatik penapisan untuk buangan sisa-sisa kilang ini. Selain berfungsi

sebagai suatu peranti penapisan, kawasan akuatik ini juga berfungsi sebagai suatu “alat” hiasan seni taman air. Kawasan ini masih boleh digunakan sebagai kawasan senaman (kerana mengandungi pelbagai jenis tumbuhan daratan di ruang mengelilingi kolam), di tengah-tengah sesebuah bandaraya besar, selain daripada berfungsi sebagai kawasan penapisan di kawasan yang boleh dianggap tidak ada lagi kawasan sedemikian.

1.5 Makna Pelanskanan Akuatik dan Skop Kajian

Pelanskanan akuatik (Aquascaping) merupakan penanaman tumbuhan akuatik atau tumbuhan paya untuk meningkatkan, memulihkan dan mereka bentuk sistem-sistem air tawar (Mazzotti, 1996; Fellman, 2010). Dari segi meningkatkan sistem-sistem air tawar, kawasan sedia ada yang telah merosot dapat dijadikan lebih baik. Mengikut Mazzotti (1996) dan Fellman (2010) kaedah ini juga digunakan untuk memulihkan semula kawasan-kawasan yang telah didegradkan menjadi keadaan yang hampir keadaan asal. Pelandskanan akuatik juga boleh digunakan untuk mereka bentuk dan menubuhkan sesuatu sistem tanah paya yang tidak wujud pada kawasan tersebut. Kawasan-kawasan begini boleh mencerminkan sistem-sistem semula jadi atau boleh direka bentuk sebagai suatu penghiasan untuk seni taman air.

Meniru alam semula jadi adalah susah, misalnya kawasan yang diakuaskap walaupun berjaya dari segi penanaman tumbuh-tumbuhan mungkin tidak berfungsi seperti yang asal. Kejayaan akuaskap bermula dengan satu pelan termasuk reka bentuk kejuruteraan kawasan yang akan diakuaskapkan (Mazzotti, 1996). Model merupakan alat yang berkesan untuk menggambari idea reka bentuk akuaskap yang akan dilaksanakan. Pelan-pelan ini

menunjukkan bahawa data morfometrik tapak yang diakuaskapkan. Untuk pembinaan sebenar, pelan-pelan yang lebih terperinci seperti pelan kawasan-kawasan berhampiran kawasan tersebut diperlukan. Pelan tapak kajian ini hanya merupakan pelan yang paling asas.

Tumbuh-tumbuhan yang digunakan perlu dari stok tempatan. Kawasan atas pada kawasan yang diakuaskap perlu dilanskapkan untuk menghindari hakisan tanah daripada berlaku. Tumbuh-tumbuhan akuatik yang digunakan untuk kolam di tapak kajian ialah jenis tumbuhan tempatan.

Mengikut Miller (1995), untuk ekologi kolam yang baik perlu mengandungi siput, *Anacharis* sp. dan berudu. Di kolam kajian, dua jenis siput telah hadir selepas 5 bulan walaupun tidak dibekalkan kerana berlakunya sesaran ekologi. Kolam kajian ditanam dengan beberapa spesies tumbuhan (Jadual 4.2) akuatik dan dibekalkan dengan dua jenis ikan tempatan iaitu *L. reticulatus* dan *X. hellerii* dan satu jenis ikan Amerika Selatan iaitu *S. discus* sebagai gantian untuk berudu kerana berudu yang comel akan menjadi katak atau kodok dan akan makan ikan lain yang ada. Dua spesies ikan yang dipilih mempunyai bentuk badan memanjang dan satu spesies ikan mempunyai bentuk badan yang bulat. Sepatutnya spesies ikan yang dipilih perlu bersama-sama jenis bentuk badan yang sama (Miller, 1995).

Keputusan yang diperoleh daripada gabungan dua jenis bentuk badan ikan menunjukkan bahawa dua-dua jenis bentuk ikan ini tidak boleh diletakkan bersama-sama kerana jenis ikan yang berbadan memanjang mempunyai tabiat renang yang berbeza-beza dan mereka berenang lebih laju berbanding ikan

berbadan bulat yang berenang dengan perlahan. Ikan jenis badan memanjang akan mencederakan ikan yang berbadan bulat kerana kelajuan berenangnya agak cepat. Keputusan yang diperoleh ialah semua ikan berbadan bulat iaitu *S. discus* telah mati (Jadual 4.12). Ikan jenis ini agak susah untuk hidup secara separa liar.

Daripada kajian ini, aplikasi data dari segi penanaman, pembiakan organisma, mereka bentuk kawasan dan pengurusan dapat dilakukan dengan sedikit pengubahsuaian. Hal ini bergantung kepada keadaan kawasan yang terlibat.

1.6 Pengakuaskapan ("Aquascaping") Dari Aspek Ekologi Dan Arkitektur

Konsep pengakuaskapan mencakupi unsur-unsur seperti topografi, air, tumbuhan air dan hidupan air. (Kaye, 1973; Hart, 1976; Booth, 1983). Unsur-unsur ini merupakan unsur-unsur yang penting dalam konsep ekologi akuatik untuk menentukan sama ada ekosistem di habitat akuatik sesuai untuk penghidupan.

Penning-Rowell dan Crease (1988) mengutarakan bahawa air merupakan unsur yang terpenting dalam pengakuaskapan dan secara nalurinya manusia memang tertarik kepada rupa, bunyi dan juga rekreasi. Unsur-unsur arkitektur seperti kolam, air terjun dan air pancutan memerlukan air sebagai unsur utama. Booth (1983) mengatakan bahawa kolam, air terjun dan air pancutan menggunakan ciri-ciri air seperti berkeupayaan untuk memantulkan cahaya pada waktu tenang dan menghasilkan bunyi yang mententeramkan jiwa semasa pengalirannya.

Penggunaan struktur-struktur binaan yang menarik serta bersesuaian dengan

alam semula jadi merupakan unsur-unsur lain yang juga dapat memberikan keselesaan (Zainal, 1994). Beliau juga mengatakan bahawa keadaan topografi turut menentukan perspektif ruang kawasan kolam buatan yang dibina dan ia begitu penting bagi kolam buatan kerana kesesuaiannya bergantung pada pengubahsuaian yang dilakukan terhadap keadaan tanah dan kedudukan sebenar kolam buatan yang dibina. Selain itu, penggunaan fauna seperti ikan perlu diwujudkan bersama kerana ia dapat memperseimbangkan ekosistem air kolam.

1.7 Metodologi

Kajian ekologi tumbuhan akuatik dalam reka bentuk dan pengurusan lanskap yang dijalankan merangkumi aspek ekologi, biologi serta aliran tenaga organisma-organisma akuatik yang terlibat secara sistematik untuk membuktikan kenyataan hipotesis. Dalam pada itu, kajian ini akan dibahagikan kepada empat bahagian (iaitu bahagian biologi, ekologi, biojisim dan tenaga) untuk memperlihatkan secara terperinci tabiat dan tindak balas organisma-organisma yang digunakan terhadap persekitaran buatan manusia. Kegunaan maklumat-maklumat serta rumusan yang didapati boleh digunakan untuk pembentukan kawasan akuatik sedemikian tetapi sedikit pengubahsuaian diperlukan bergantung pada jenis organisma yang digunakan dan kawasan yang terlibat.

Terdapatnya banyak ahli ekologi yang berpendapat bahawa kegunaan konsep ekologi terhadap pelantikan kawasan-kawasan terutamanya kawasan yang akan dan telah dibangunkan sangat penting. Kegunaan konsep ekologi terutamanya konsep ekologi sistem akuatik dikaji dalam penyelidikan ini.

Eaton (1986) ahli ekologi sangat menyokong kegunaan konsep ekologi ini di dalam kawasan alam bina.

Eosistem semula jadi sangatlah susah dikaji. Namun simulasi makmal digunakan untuk mendapat maklumat sesuatu keadaan yang mungkin berlaku dalam keadaan semulajadi (Morin, 2000). Kajian ini juga melibatkan biojisim dan tenaga. Dalam artikel ini, beliau menyatakan bahawa produktiviti ialah satu penyukatan kandungan tenaga terperangkap dan diubah suai dalam bentuk kandungan bahan-bahan hidup per unit luas dan masa iaitu biojisim. Beliau juga menyatakan bahawa perbezaan dalam kepelbagaian dalam habitat habitat yang menerima kandungan tenaga yang sama akan juga mempengaruhi produktiviti dan produktiviti ini merupakan penyukatan biojisim kawasan tersebut.

Kajian ini menunjukkan bahawa kolam kajian telah menjadi suatu sistem yang dapat berfungsi dengan sendiri. Kassen *et al.* (2000) membincangkan kajian-kajian yang menunjukkan pengaruh tenaga terhadap kepelbagaian tetapi bergantung pada faktor-faktor persekitaran lain yang menyokong spesies-spesies yang berbeza. Beliau juga menunjukkan penyusunan sendiri dalam suatu sistem ekologi dalam makmal yang menyokong konsep ini. Namun dengan adanya penambahan biojisim, begitu juga berlakunya penambahan produktiviti.

BAB DUA : TINJAUAN BAHAN-BAHAN BACAAN

Konsep ekologi dan rekabentuk landskap terutamanya sistem akuatik merupakan bidang yang agak lama tetapi masih belum ditinjau dengan mendalam di kalangan kita. Walaupun adanya kalangan yang tahu bahawa pentingnya konsep ekologi terhadap rekabentuk landskap akuatik buatan manusia, mereka masih tidak mempraktikkan ilmu yang di ketahuinya.

Langkah pertama yang penting adalah untuk memahami pelbagai pendekatan ke arah pelandskapan yang sempurna seperti melihat dari segi ekologi, rekabentuk, pengurusan dan sejarah (Bradshaw *et al*, 1986). Kajian ini hanya menumpu ke arah sistem akuatik yang digunakan di kawasan membangun, kawasan semulajadi terganggu dan kawasan-kawasan lain yang sedemikian.

2.1 Reka Bentuk Lanskap : Keperluan Pengguna

Pengakuaskapan merupakan penanaman tumbuhan-tumbuhan akuatik dan tumbuhan-tumbuhan tanah payah untuk menambah, memulih dan merekabentuk semula sistem-sistem air tawar (Mazzotti, 1996). Beliau menyatakan kebanyakan sistem akuatik semulajadi telah dibinasakan semasa proses pembangunan dan pembinaan. Sistem-sistem akuatik ini membekalkan banyak faedah seperti perlindungan dari banjir, pembersihan air tercemar secara penapisan dan membekalkan habitat untuk hidupan akuatik. Beliau juga mengutarakan bahawa kawasan-kawasan yang diakuaskap semasa pembangunan dan pembinaan akan mengembalikan semula nilai-nilai yang telah hilang bersama-sama sistem akuatik semulajadi semasa proses pembangunan dan pembinaan.

Clouston (1986), menyatakan bahawa lanskap bandar berada dalam keadaan krisis, contohnya Bandaraya Georgetown, diseluruh bandar ini tidak ada kawasan yang dikhaskan untuk pelandskapan akuatik pun. Dengan adanya kawasan sebegitu, bandaraya ini tidak mungkin dibanjiri air akibat hujan kilat yang selalunya membanjiri sebahagian besar Bandaraya Georgetown. Konsep ekologi perlu digunakan untuk menghasilkan sesuatu rekabentuk landskap akuatik yang bercirikan sistem akuatik asal supaya sistem akuatik tersebut berfungsi sebagai suatu sistem penapis serta penyerap air dan secara tidak langsung dapat dijadikan sebagai suatu hiasan bandar .

Beliau juga menjelaskan bahawa kebanyakan taman-taman, ruang-ruang terbuka atau landskap buatan manusia yang sudah ada tidak direkabentukkan untuk kegunaan awam, khasnya bukan untuk kegunaan orang awam yang berekreasi di tempat-tempat sebegitu pada masa-masa hadapan terutamanya orang yang agak tua. Beliau juga menyatakan bahawa tumbuhan yang telah ditanam di kawasan tertentu tidak dijaga dengan baik oleh pihak pengurus atau pun orang awam. Cara penanaman serta pemilihan tumbuhan dari semasa ke semasa tidak selaras dengan rekabentuk kawasan tersebut dan pengurusan landskap akuatik buatan tersebut telah terbiar. Rekabentuk kawasan begini hanya mengikuti pelan-pelan dan cadangan-cadangan orang-orang yang tidak mahir dalam bidang ekologi tetapi hanya mahir dalam bidang arkitektur, perancangan bandar, kewangan dan sebagainya kecuali bidang ekologi.

2.1.1 Pendekatan-pendekatan

Sebelum sebarang pelan perancangan pembangunan kawasan dilaksanakan, kerajaan perlu mengadakan suatu Akta di mana kawasan

landskap dan akuaskap diadakan dalam semua perancangan kawasan, misalnya peraturan Akta Pemuliharaan Semulajadi Berlin 1979 yang menegaskan perancangan subjek yang terdiri daripada empat jenis program iaitu a) pemuliharaan alam (habitat, kawasan and spesies); b) proses-proses ekologi (air, tanah, udara); c) pemandangan landskap (unsur-unsur landskap, jenis landskap, unit-unit reka bentuk) dan d) rekreasi (kawasan terbuka, kawasan rekreasi berjiranan).

Kesemua empat program menumpu ke arah perancangan subjek strategik yang terdiri daripada program landskap untuk keseluruhan bandar, program pelanskan daerah dan plan lanskap tempatan (Henke dan Sukopp, 1986). Beliau mengatakan bahawa setiap peringkat program tertentu adalah berbeza-beza dan dilaksanakan oleh pakar-pakar tertentu. Misalnya bahagian program pemuliharaan alam adalah paling maju yang mempunyai maklumat-maklumat terkini serta disokong oleh Institut Ekologi di Universiti Teknikal Berlin. Program-program Pemandangan Landskap dan Rekreasi pula digubalkan melalui kontrak-kontrak bersama-sama dengan pejabat-pejabat perancangan landskap. Program proses ekologi masih dibangunkan dan mungkin, perancang-perancang bekerjasama dengan pakar-pakar sains semulajadi tertentu.

Clouston (1986) menyatakan bahawa kesemua kawasan alam bina di Britain yang dilandskap atau akuaskap, telah menggunakan prinsip ekologi dan keadaan alam semulajadi untuk merekabentuk satu

kawasan buatan yang sesuai untuk pelbagai jenis spesies dan habitat. Beliau juga mengutarakan bahawa kebanyakan orang awam tertarik dengan kawasan landskap atau akuaskap buatan jika rekabentuknya mempunyai (i) perkhidmatan untuk orang awam, (ii) misteri supaya dapat mengalakkan orang awam menerokainya, (iii) keindahan yang bermirip alam semulajadi dan (iv) hubungan dengan persekitaran.

Namun, pendekatan asas untuk memastikan bahawa kawasan akuatik sedemikian tidak lupus, akta tertentu perlu digubalkan dan dikuatkuasakan dengan berkesan. Selain pengubalan dan penguatkuasaan akta dan peraturan, orang awam serta pakar-pakar bidang pembinaan perlu dididik tentang kepentingan alam semulajadi.

2.1.2 Cadangan-cadangan

Struktur pelanskan akuatik baru mesti berguna untuk tujuan rekreasi tidak formal dan jenis tumbuhan akuatik juga mesti bersesuaian dengan kawasan akuatik tersebut. Kawasan-kawasan seperti kawasan tebus-guna, kawasan terbiar dan kawasan-kawasan perumahan boleh diberi perhatian pelanskan terutamanya pelanskan akuatik kerana sistem akuatik sebegini mempunyai pelbagai fungsinya selain dari fungsi estetik. Tetapi tujuan utama untuk merancang kawasan rekreasi dengan sistem akuatik bagi kawasan alam bina dengan menggunakan konsep ekologi adalah untuk mengurangkan kos penyelenggaraan dan pengurusan.